

Doc. 5

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-59269  
(P2000-59269A)

(43) 公開日 平成12年2月25日 (2000. 2. 25)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 4 B 1/76		H 0 4 B 1/76	5 K 0 0 4
H 0 4 J 3/00		H 0 4 J 3/00	H 5 K 0 1 4
13/00		H 0 4 L 1/00	E 5 K 0 2 2
H 0 4 L 1/00		H 0 4 J 13/00	A 5 K 0 2 8
27/38		H 0 4 L 27/00	G 5 K 0 4 6
審査請求 有 請求項の数31 O L (全 28 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願平10-221418

(22) 出願日 平成10年8月5日 (1998. 8. 5)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社  
東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 杉田 直彦

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100071526

弁理士 平田 忠雄

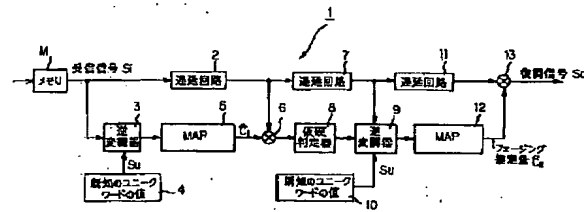
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パイロット信号を含む受信信号の復調方法およびその装置

(57) 【要約】

【課題】 バースト信号中におけるデータのシンボル数の割合を減少しないでフェージング歪を高精度に推定し、低いBERを得ることのできるパイロット信号を含む受信信号の復調方法およびその装置を提供する。

【解決手段】 受信信号 S<sub>i</sub> の複数の区間に設けられたユニークワード (UW) と既知のユニークワード値を逆変調器 3 で比較し、UW のフェージング歪を検出する。この検出結果に基づいて演算部 5 で MAP 演算をし、受信データのフェージング歪を推定する。これを用いて復調器 6 で受信信号を復調し、仮硬判定器 8 により復調信号をしきい値と比較して 2 値出力を得る。この出力と各 UW に隣接するデータおよび前記ユニークワードから隔てられたデータ内の一部のデータを比較し、また、ユニークワードと既知のユニークワードの比較を逆変調器 9 で行って、ユニークワードおよび拡張ユニークワードのフェージング歪を検出する。これを用いて演算部 12 で MAP 演算を行い、データの第 2 段階のフェージング歪を推定し、復調器 13 へ出力する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、

前記データの一部を拡張ユニークワードとして設定するステップと、

前記パイロット信号としての前記ユニークワードのフェージング歪を第1のフェージング歪として検出し、前記拡張ユニークワードのフェージング歪を第2のフェージング歪として検出するステップと、

前記第1および第2のフェージング歪に基づいて前記データのフェージング歪を推定するステップと、

前記データのフェージング歪に基づいて前記データを復調するステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項2】 前記拡張ユニークワードとして設定するステップは、前記パイロット信号としての前記ユニークワードから隔てられたデータの一部を前記パイロット信号としての前記ユニークワードに独立した前記拡張ユニークワードとして設定するステップを含むことを特徴とする請求項第1項記載のパイロット信号を含むことを特徴とする受信信号の復調方法。

【請求項3】 前記拡張ユニークワードとして設定するステップは、前記パイロット信号としての前記ユニークワードに隣接するデータの一部を前記パイロット信号としての前記ユニークワードに付属させた第1の拡張ユニークワードとして設定するステップと、前記パイロット信号としての前記ユニークワードから隔てられたデータの一部を前記パイロット信号としての前記ユニークワードに独立した第2の拡張ユニークワードとして設定するステップを含み、

前記第1および第2のフェージング歪として検出するステップは、前記第1の拡張ユニークワードのフェージング歪を前記第1のフェージング歪として検出するステップと、前記第2の拡張ユニークワードのフェージング歪を前記第2のフェージング歪として検出するステップを含むことを特徴とする請求項第1項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項4】 前記拡張ユニークワードとして設定するステップ、前記第1および第2のフェージング歪として検出するステップ、前記データのフェージング歪を推定するステップ、および前記データを復調するステップは、バースト信号単位でメモリに記憶された前記受信信号に基づいてそれぞれのステップを実行することを特徴とする請求項第1項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項5】 受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を

検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、

前記ユニークワードに隣接するデータの一部を前記ユニークワードに付属させて第1の拡張ユニークワードとして設定するステップと、

前記ユニークワードから隔てられたデータの一部を前記ユニークワードと独立した第2の拡張ユニークワードとして設定するステップと、

10 前記第1および第2の拡張ユニークワードのそれぞれのフェージング歪を推定するステップと、

前記第1および第2の拡張ユニークワードのフェージング歪に基づいて前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定するステップと、

前記受信信号中のデータのフェージング歪の推定結果に基づいて前記受信信号中の前記データを復調するステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項6】 前記第1の拡張ユニークワードのフェージング歪を推定するステップは、既知のユニークワードの値と復調された前記隣接するデータの一部の仮硬判定結果に基づいて推定するステップを含み、

前記第2の拡張ユニークワードのフェージング歪を推定するステップは、復調された前記独立したデータの一部の仮硬判定結果に基づいて推定するステップを含むことを特徴とする請求項第5項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項7】 前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定するステップは、前記第1および第2の拡張ユニークワードのフェージング歪に基づいて、【数5】の演算式を用いたMAP演算により行うステップを含むことを特徴とする請求項第5項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項8】 前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定するステップは、前記第1および第2の拡張ユニークワードのフェージング歪に基づいてスプライン補間により推定して算出するステップを含むことを特徴とする請求項第5項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

40 【請求項9】 前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定するステップは、バースト信号の両端部のデータのフェージング歪を推定するステップ、および前記バースト信号の前記両端部を除いた中央部のデータのフェージング歪を推定するステップを含むことを特徴とする請求項第5項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項10】 前記第1および第2の拡張ユニークワードとして設定するステップ、前記第1および第2の拡張ユニークワードのフェージング歪を推定するステップ、前記データのフェージング歪を推定するステップ、

および前記データを復調するステップは、バースト信号単位でメモリに記憶された前記受信信号に基づいてそれぞれのステップを実行することを特徴とする請求項第5項記載のバイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項11】 受信信号の複数の区間に挿入されたバイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するバイロット信号を含む受信信号の復調方法において、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第1段階のフェージング歪を検出するステップと、

前記複数の区間のユニークワードの前記第1段階のフェージング歪に基づいて第1段階のMAP演算を行って前記受信信号中のデータの第1段階のフェージング歪を推定するステップと、

前記受信信号中のデータの前記第1段階のフェージング歪に基づいて前記受信信号を復調して復調信号を出力するステップと、

前記復調信号と所定のしきい値を比較して2値信号を出力するステップと、

所定の時間遅延させられた前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第2段階のフェージング歪を検出するステップと、

前記複数の区間のユニークワードに隣接するデータの一部および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部と前記2値信号を比較し、前記隣接するデータの一部および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部のフェージング歪を検出するステップと、

前記複数の区間のユニークワードの前記第2段階のフェージング歪、前記ユニークワードに隣接するデータの一部および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部のフェージング歪に基づいて第2段階のMAP演算を行い、前記受信信号中のデータの第2段階のフェージング歪を推定するステップと、

前記データの前記第2段階のフェージング歪に基づいて所定の時間遅延させられた前記受信信号中の前記データを復調するステップを含むことを特徴とするバイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項12】 受信信号の複数の区間に挿入されたバイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するバイロット信号を含む受信信号の復調方法において、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第1段階のフェージング歪を検出する第1のステップと、

前記複数の区間のユニークワードの前記第1段階のフェージング歪に基づいて第1段階のスプライン補間曲線を演算し、該スプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第1段階のフェージング歪を推定する第2のステップと、

前記受信信号中のデータの前記第1段階のフェージング歪に基づいて所定の時間遅延させられた前記受信信号を復調して復調信号を出力する第3のステップと、前記復調信号と所定のしきい値を比較して2値信号を出力する第4のステップと、

所定の時間遅延させられた前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第2段階のフェージング歪を検出する第5のステップと、

前記複数の区間のユニークワードに隣接するデータの一部および前記複数の区間のユニークワードから隔てられたデータの一部と前記2値信号を比較し、前記ユニークワードに隣接するデータの一部および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部のフェージング歪を検出する第6のステップと、

前記複数の区間のユニークワードの前記第2段階のフェージング歪と、前記ユニークワードに隣接するデータの一部および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部のフェージング歪に基づいて第2段階のスプライン補間曲線を演算し、該第2段階のスプライン補間曲線から所定の時間遅延させられた前記受信信号中のデータの第2段階の第1のフェージング歪を推定する第7のステップと、

前記複数の区間のユニークワードの前記第2段階のフェージング歪と、前記ユニークワードに隣接するデータの一部および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部のフェージング歪をウィナーフィルタに入力して所定の時間遅延させられた前記受信信号中のデータの第2段階の第2のフェージング歪を推定する第8のステップと、

前記データの前記第2段階の第1および第2のフェージング歪に基づいて所定の時間遅延させられた前記受信信号中の前記データを復調する第9のステップを含むことを特徴とするバイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項13】 前記第1より第9のステップは、バースト信号単位でメモリに記憶された前記受信信号に基づいてそれぞれのステップを実行することを特徴とする請求項第12項記載のバイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項14】 受信信号の複数の区間に挿入されたバイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するバイロット信号を含む受信信号の復調方法において、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を検出する第1のステップと、前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪に基づいてMAPアルゴリズムを演算する第2のステップと、

前記MAPアルゴリズムから前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定する第3のステップと、前記データのフェージング歪に基づいて前記受信信号中のデータを復調する第4のステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項15】 前記第1より第4のステップは、バースト信号単位でメモリに記憶された前記受信信号に基づいてそれぞれのステップを実行する請求項第14項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項16】 受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を第1のフェージング歪として検出する第1のステップと、

前記第1のフェージング歪に基づいて第1のMAPアルゴリズムを演算する第2のステップと、

前記第1のMAPアルゴリズムの演算結果から前記受信信号中のデータのフェージング歪を第2のフェージング歪として推定する第3のステップと、

前記第2のフェージング歪に基づいてデータを復調する第4のステップと、

前記復調されたデータを仮硬判定して仮硬判定値を出力する第5のステップと、

所定の時間遅延させられた前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を第3のフェージング歪として検出する第6のステップと、

所定の時間遅延させられた前記受信信号中のデータと前記仮硬判定値と比較してデータのフェージング歪を第4のフェージング歪として検出する第7のステップと、

前記第3および第4のフェージング歪に基づいて第2のMAPアルゴリズムを演算する第8のステップと、

前記第2のMAPアルゴリズムから前記受信信号中のデータのフェージング歪を第5のフェージング歪として推定する第9のステップと、

前記第5のフェージング歪に基づいて所定の時間遅延させられた前記受信信号中の前記データを復調する第10のステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項17】 前記第1より第10のステップは、バ

ースト信号単位でメモリに記憶された前記受信信号に基づいてそれぞれのステップを実行することを特徴とする請求項第16項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項18】 受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、前記ユニークワードのフェージング歪に基づいて前記データの第1のフェージング歪を推定する第1のステップと、前記データの第1のフェージング歪に基づいて前記データを復調する第2のステップと、

前記ユニークワードのフェージング歪と、前記データの復調結果に基づいて得られる前記データのフェージング歪とから拡張ユニークワードのフェージング歪を検出する第3のステップと、前記拡張ユニークワードのフェージング歪に基づいて前記データの第2のフェージング歪を推定する第4のステップと、前記データの第2のフェージング歪に基づいて前記データを復調する第5のステップと、前記データの第1あるいは第2のフェージング歪のレベルに応じて前記第3より第5のステップの実行を中断し、前記第2のステップの前記データの復調結果を出力する第6のステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項19】 前記第1より第6のステップは、バースト信号単位でメモリに記憶された前記受信信号に基づいてそれぞれのステップを実行する請求項第18項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項20】 受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、

前記ユニークワードのフェージング歪を第1のフェージング歪として検出し、前記データの一部に設定された拡張ユニークワードのフェージング歪を第2のフェージング歪として検出する検出手段と、

前記第1および第2のフェージング歪に基づいて前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定する推定手段と、

前記データのフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調する復調手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項21】 前記検出手段は、前記第1のフェージング歪を前記ユニークワードおよび前記ユニークワードに隣接するデータのフェージング歪に基づいて検出し、前記第2のフェージング歪を前記ユニークワードから隔てられたデータのフェージング歪に基づいて検出する構成であることを特徴とする請求項第20項記載のパイロ

ット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項22】 前記検出手段は、前記受信信号として受信された所定のシンボル数のバースト信号に挿入された前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードと比較して前記第1のフェージング歪を検出し、前記バースト信号中の前記データの一部と事前に復調された復調信号の仮硬判定値と比較して前記第2のフェージング歪を検出する構成であることを特徴とする請求項第20項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項23】 前記検出手段は、前記所定のシンボル数のバースト信号としてBPSK (Binary Phase Shift Keying) またはQPSK (Quadrature Phase Shift Keying) で位相変調され、TDMA (Time Division Multiple Access)方式またはCDMA (Code Division Multiple Access)方式で受信されたバースト信号に挿入された前記複数の区間のユニークワードと前記既知のユニークワードと比較して前記第1のフェージング歪を検出し、前記バースト信号中の前記データの一部と事前に復調された復調信号の仮硬判定値と比較して前記第2のフェージング歪を検出する構成であることを特徴とする請求項第20項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項24】 前記受信信号をバースト単位で記憶して前記受信信号を前記検出手段、前記演算手段および前記復調手段へ出力する記憶手段を、更に含むことを特徴とする請求項第20項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項25】 受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードと比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を検出する検出手段と、前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪に基づいてMAPアルゴリズムを演算し、その演算結果から前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定する推定手段と、前記データのフェージング歪に基づいて前記受信信号中のデータを復調する復調手段とを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項26】 前記受信信号をバースト単位で記憶して前記受信信号を前記検出手段、前記演算手段および前記復調手段へ出力する記憶手段を、更に含むことを特徴とする請求項第25項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項27】 受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定し

て前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードと比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を第1のフェージング歪として検出する第1の検出手段と、

前記第1のフェージング歪に基づいて第1のMAPアルゴリズムを演算する第1の演算手段と、

前記第1のMAPアルゴリズムの演算結果から前記受信信号中のデータのフェージング歪を第2のフェージング歪として推定する第1の推定手段と、

前記第2のフェージング歪に基づいて所定の時間遅延させられたデータを復調する第1の復調手段と、

復調されたデータを仮硬判定して仮硬判定値を出力する判定手段と、

所定の時間遅延させられた前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードと比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を第3のフェージング歪として検出し、所定の時間遅延させられた前記受信信号のデータと前記仮硬判定値と比較してデータのフェージング歪を第4のフェージング歪として検出する第2の検出手段と、

前記第3および第4のフェージング歪に基づいて第2のMAPアルゴリズムを演算する第2の演算手段と、

前記第2のMAPアルゴリズムの演算結果から前記受信信号中のデータのフェージング歪を第5のフェージング歪として推定する第2の推定手段と、

前記第5のフェージング歪に基づいて所定の時間遅延させられた前記受信信号中の前記データを復調する第2の復調手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項28】 前記受信信号をバースト単位で記憶して前記受信信号を前記第1および第2の検出手段、前記第1および第2の演算手段および前記第1および第2の復調手段へ出力する記憶手段を、更に含むことを特徴とする請求項第27項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項29】 受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードと比較して前記複数の区間のユニークワードの第1段階のフェージング歪を検出する第1の検出手段と、

前記複数の区間のユニークワードの前記第1段階のフェージング歪に基づいて第1段階のスプライン補間曲線を演算し、前記第1段階のスプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第1段階のフェージング歪を推定す

る第1のサブライン補間推定手段と、  
 前記受信信号中のデータの第1段階のフェージング歪に基づいて前記受信信号を復調して復調信号を出力する第1の復調手段と、  
 前記復調信号と所定のしきい値を比較して2値信号を出力する判定手段と、  
 前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第2段階のフェージング歪を検出し、前記複数の区間のユニークワードに隣接するデータの一部分および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部分と前記2値信号を比較して前記ユニークワードに隣接するデータの一部分および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部分のフェージング歪を検出する第2の検出手段と、  
 前記第2の検出手段の出力に基づいて第2段階のサブライン補間曲線を演算し、前記第2段階のサブライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第2段階の第1のフェージング歪を推定する第2のサブライン補間推定手段と、  
 前記第2の検出手段の出力を入力して前記受信信号中のデータの第2段階の第2のフェージング歪を推定するウィナーフィルタ手段と、  
 前記データの前記第2段階の第1および第2のフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調する第2の復調手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項30】 前記第2のサブライン補間推定手段は、前記第2段階の第1のフェージング歪として前記バースト信号の両端部のデータのフェージング歪を推定するサブライン補間係数計算器を含み、  
 前記ウィナーフィルタ手段は、前記第2段階の第2のフェージング歪として前記バースト信号の前記両端部を除いた中央部のデータのフェージング歪を推定するウィナーフィルタを含むことを特徴とする請求項第19項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項31】 前記受信信号をバースト単位で記憶して前記受信信号を前記第1および第2の検出手段、および前記第1および第2の復調手段へ出力する記憶手段を、更に含むことを特徴とする請求項第29項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項32】 受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む復調装置において、前記ユニークワードのフェージング歪に基づいて前記データの第1のフェージング歪を推定する第1の推定手段と、前記データの第1のフェージング歪に基づいて前記データの第1の復調信号を出力する第1の復調手段と、前記データの復調信号の仮硬判定値に基づ

いて推定された前記データの第2のフェージング歪と、前記ユニークワードのフェージング歪とから拡張ユニークワードのフェージング歪を検出する検出手段と、前記拡張ユニークワードのフェージング歪に基づいて前記データの第2のフェージング歪を推定する第2の推定手段と、前記データの第2のフェージング歪に基づいて前記データの第2の復調信号を出力する第2の復調手段と、復調信号を後段の回路へ出力する出力回路と、前記データの第1あるいは第2のフェージング歪のレベルに基づいて前記第1あるいは第2の復調手段を選択的に前記出力回路に接続し、前記第1の復調手段が前記出力回路に接続されたとき、前記検出手段、前記第2の推定手段、および前記第2の復調手段を非動作状態にする制御手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項33】 前記受信信号をバースト単位で記憶して前記受信信号を前記第1および第2の推定手段、および前記第1および第2の復調手段へ出力する記憶手段を、更に含むことを特徴とする請求項第32項記載のパイロット信号を受信信号の復調装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はパイロット信号を含む受信信号の復調方法およびその装置に関し、特に、伝送路上で高速フェージングが生じる移動体衛星通信においてパイロット信号としてのユニークワード(unique word)に基づいてビット誤り率(BER: Bit Error Rate)を低く抑えながら受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法およびその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】図13は、移動体衛星通信の移動体端末を示す。この移動体端末は、例えば、携帯型の電話機などであり、アンテナ91、信号変換部92、復調回路93、音声信号化部94、およびスピーカ95を備えて構成される。アンテナ91は、パイロット信号としてのユニークワードを複数の区間に有した連続信号としての送信信号を衛星を介して受信して受信信号とする。信号変換部92は、受信信号をアナログ信号からデジタル信号に変換する。復調回路93は、信号変換部92により変換されたデジタル信号を復調する。音声信号化部94は、復調回路93からの復調信号をデジタル信号からアナログの音声信号に変換する。スピーカ95は、音声信号化部94の出力を電気-音響変換して音声を生成する。

【0003】以上の構成において、アンテナ91で受信された受信信号は、信号変換部92でアナログ信号からデジタル信号に変換される。変換されたデジタル信号は復調回路93で復調され、この復調信号が音声信号化部94によりアナログ音声信号に変換される。音声信号化部94で変換されたアナログ音声信号は、音声としてス

ピーカ95から出力される。

【0004】衛星通信システムにおいては、所要電力の低減やアンテナの小型化を図り、更に、搬送波電力対雑音電力比（Eb/NO）が低い条件下でも低いBERを保てるように、符号化利得の大きい誤り訂正符号、あるいは高効率符号化技術が用いられている。

【0005】図14は、図13に示した復調回路93の構成を示す。復調回路93は、受信信号を入力とする遅延回路101、遅延回路101に接続されて復調を行うデータ復調部102、受信信号に含まれるユニークワードを復調するユニークワード復調部103、ウィナーフィルタ（Wiener Filter）で構成され、ユニークワードのフェージング歪（fading distortion）に基づいて受信信号中のデータのフェージング歪を推定するデータ歪推定部104を備えて構成されている。ここに示す復調回路93は、「Meyr 著、『Digital Communication Receiver』、John Wiley & Sons, pp.744~747, 1997年」に記述されているものであり、周波数特性を持つ周波数選択性フェージングと周波数特性を持たないフラットフェージングを含むマルチパスフェージングの中でフラットフェージングに基づく受信信号の歪（以下、単に「フェージング歪」という）を補償して受信信号を復調する。

【0006】図15は、図13において送受信される連続信号とは異なるバースト型の送受信信号のフォーマットを示し、例えば、1バーストは、複数のシンボルを有する複数のデータ（データ列を構成するが、単にデータという）D1~D5と、複数のシンボルを有する複数のユニークワード（ユニークワード列を構成するが、単にユニークワードという）UWm（m=1~4）を有し、全体として100~150のシンボルで構成されている。データD1~D5の4個所の境界にパイロット信号としてのユニークワードUWmが挿入されている。このユニークワードUWmは目標とするBERに応じて複数のシンボル（場合によっては単数のシンボル）を有し、各シンボルの位相変調の値は移動体端末において既知である。ユニークワードUW1~UW4の長さ（シンボル数）は、或る誤り率が維持できる範囲内で最小になるように設定される。このフォーマットの信号はTDMA（Time Division Multiple Access：時分割多元接続）で送受信される。例えば、1および-1の2値データに応じて搬送波を0および $\pi$ の位相で位相変調（BPSK：Binary Phase Shift Keying）することによって各シンボルが決められている。

【0007】図14において、所定の間隔で挿入されたパイロット信号としてのユニークワードUWmを有する連続波の受信信号を入力端子INに入力すると、受信信号は遅延回路101とユニークワード復調部103に供給される。受信信号中のユニークワードUWmはユニークワード復調部103で復調されてデータ歪推定部10

4に入力する。データ歪推定部104はユニークワードの既知の値（例えば、+1を位相変調した0と、-1を位相変調した $\pi$ ）と復調されたユニークワードの値から算出されたユニークワードUWmのフェージング歪に基づいて受信信号中のデータD1~D5の各シンボルのフェージング歪を推定し、これをデータ復調部102に出力する。データ復調部102は遅延回路101によって所定の時間だけ遅延された受信信号中のデータをフェージング歪の推定量によって補償しながらデータを復調し、復調信号を出力端子OUTから出力する。このようにして連続波で送信されたデータのフェージング歪を補償してデータを復調することができる。

【0008】図16は、図14の復調回路93として使用される他の復調装置を示し、「三瓶政一著、『陸上移動通信用16QAMのフェージングひずみ補償方式』、電子情報通信学会論文誌B-II、VOL. J72-B-II、No. 1、7~15ページ、1989年」に記述されているものであり、（N-1）個の情報シンボル毎に1個のユニークワードシンボルを挿入した連続波の受信信号のフェージング歪を補償して復調する。図16において、受信信号を入力端子INに入力すると、フェージング歪推定部111、112、113は順次遅延させられた受信信号中の（k-1）番目、k番目、および（k+1）番目のユニークワードのフェージング歪の推定値

【数1】

$$\hat{c}(k-1), \hat{c}(k), \text{および} \hat{c}(k+1)$$

を算出する。これらの推定値は乗算部114、115、116で0次あるいは1次の内挿係数

【数2】

$$Q_1, Q_0, Q_{-1}$$

と乗算され、加算部117で加算される。加算部117は加算結果として $c\{k+(m/N)\}$ をk番目の情報シンボル列中のm番目の情報シンボルのフェージング歪として出力する。この情報シンボルのフェージング歪は逆数部118で $1/c\{k+(m/N)\}$ とされ、乗算部120に出力される。乗算部120は遅延回路119によって遅延せられた受信信号中の情報シンボルに逆数部118から出力された $1/c\{k+(m/N)\}$ を乗算してデータを復調し、出力端子OUTから出力させる。このようにしてフェージング歪によって歪んだ受信信号の包絡線および位相を補償しながら受信信号を復調する。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかし、図14の復調装置によると、連続するデータに所定の間隔でユニークワードが挿入された連続波に対しては、所定のBERで受信信号を復調することができるが、例えば、図15に示した100~150シンボルのデータ列の数個所にユ

ニークワードを挿入したフレームフォーマットのバースト信号を受信するときは、両端に位置するデータ列のフェージング歪は片側のみのユニークワードのフェージング歪によってフェージング歪が推定されるため、両端のデータのフェージング歪の推定精度が低下することから高速フェージングや低 $E_b/N_0$ 比の条件下では所定のBERを得ることができない。所定のBERとは、例えば、信号対フェージング強度 $C/M=7\text{ dB}$ 、ドップラ一周波数が0.01の条件で、 $E_b/N_0=2$ のとき、理論値からの劣化が0.5 dBのものである。このため、ウィナーフィルタをそれよりも高い推定精度を有するカルマンフィルタ等に代えると、多くの演算量を要するマトリクス的な手法になるため、演算量が増大する。

【0010】また、図16の復調装置によると、0次の内挿係数を使用すると、1つのユニークワードの値を対応する $(N-1)$ の情報シンボルにわたって保持し、また、1次の内挿係数を使用すると、隣接するユニークワードの間を直線で結ぶことにより情報シンボルのフェージング歪を推定するため、高速フェージングや低 $E_b/N_0$ 比の条件下では所定のBERを得ることができない。

【0011】言うまでもなく、データのフェージング歪の推定精度を高くするためには、ユニークワードのフェージング歪の検出精度を高くすれば良いが、このために、ユニークワードのシンボル数を大にすると、データのシンボル数の割合が小になってデータの伝送効率が低下する。

【0012】従って、本発明の目的は、伝送路上で高速フェージングが生じた場合でもデータのフェージング歪を高精度で推定でき、低いBERを獲得できるパイロット信号を含む受信信号の復調方法およびその装置を提供することである。

【0013】本発明の他の目的は、バースト信号中のデータのシンボル数の割合を小にしないで高速フェージングを補償して低いBERを得ることができるパイロット信号を含む受信信号の復調方法およびその装置を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の目的を実現するため、第1の特徴として、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、前記データの一部を拡張ユニークワードとして設定するステップと、前記パイロット信号としての前記ユニークワードのフェージング歪を第1のフェージング歪として検出し、前記拡張ユニークワードのフェージング歪を第2のフェージング歪として検出するステップと、前記第1および第2

のフェージング歪に基づいて前記データのフェージング歪を推定するステップと、前記データのフェージング歪に基づいて前記データを復調するステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法を提供する。

【0015】本発明は、上記の目的を実現するため、第2の特徴として、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、前記ユニークワードに隣接するデータの一部を前記ユニークワードに付属させて第1の拡張ユニークワードとして設定するステップと、前記ユニークワードから隔てられたデータの一部を前記ユニークワードと独立した第2の拡張ユニークワードとして設定するステップと、前記第1および第2の拡張ユニークワードのそれぞれのフェージング歪を推定するステップと、前記第1および第2の拡張ユニークワードのフェージング歪に基づいて前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定するステップと、前記受信信号中のデータのフェージング歪の推定結果に基づいて前記受信信号中の前記データを復調するステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法を提供する。

【0016】本発明は、上記の目的を実現するため、第3の特徴として、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第1段階のフェージング歪を検出するステップと、前記複数の区間のユニークワードの前記第1段階のフェージング歪に基づいて第1段階のMA P演算を行って前記受信信号中のデータの第1段階のフェージング歪を推定するステップと、前記受信信号中のデータの前記第1段階のフェージング歪に基づいて前記受信信号を復調して復調信号を出力するステップと、前記復調信号と所定のしきい値を比較して2値信号を出力するステップと、所定の時間遅延させられた前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第2段階のフェージング歪を検出するステップと、前記複数の区間のユニークワードに隣接するデータの一部および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部と前記2値信号を比較し、前記隣接するデータの一部および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部のフェージング歪を検出するステップと、前記複数の区間のユニークワードの前記第2段階のフェージング歪、前記ユニークワードに隣接するデータの一部および



前記ユニークワードから隔てられたデータの一部のフェージング歪に基づいて第2段階のMAP演算を行い、前記受信信号中のデータの第2段階のフェージング歪を推定するステップと、前記データの前記第2段階のフェージング歪に基づいて所定の時間遅延させられた前記受信信号中の前記データを復調するステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法を提供する。

【0017】本発明は、上記の目的を実現するため、第4の特徴として、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第1段階のフェージング歪を検出する第1のステップと、前記複数の区間のユニークワードの前記第1段階のフェージング歪に基づいて第1段階のスプライン補間曲線を演算し、該スプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第1段階のフェージング歪を推定する第2のステップと、前記受信信号中のデータの前記第1段階のフェージング歪に基づいて所定の時間遅延させられた前記受信信号を復調して復調信号を出力する第3のステップと、前記復調信号と所定のしきい値を比較して2値信号を出力する第4のステップと、所定の時間遅延させられた前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第2段階のフェージング歪を検出する第5のステップと、前記複数の区間のユニークワードに隣接するデータの一部および前記複数の区間のユニークワードから隔てられたデータの一部と前記2値信号を比較し、前記ユニークワードに隣接するデータの一部および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部のフェージング歪を検出する第6のステップと、前記複数の区間のユニークワードの前記第2段階のフェージング歪と、前記ユニークワードに隣接するデータの一部および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部のフェージング歪に基づいて第2段階のスプライン補間曲線を演算し、該第2段階のスプライン補間曲線から所定の時間遅延させられた前記受信信号中のデータの第2段階の第1のフェージング歪を推定する第7のステップと、前記複数の区間のユニークワードの前記第2段階のフェージング歪と、前記ユニークワードに隣接するデータの一部および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部のフェージング歪をウィナーフィルタに入力して所定の時間遅延させられた前記受信信号中のデータの第2段階の第2のフェージング歪を推定する第8のステップと、前記データの前記第2段階の第1および第2のフェージング歪に基づいて所定の時間遅延させられた前記受信信号中の前記データを復調

する第9のステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法を提供する。

【0018】本発明は、上記の目的を実現するため、第5の特徴として、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を検出する第1のステップと、前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪に基づいてMAPアルゴリズムを演算する第2のステップと、前記MAPアルゴリズムから前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定する第3のステップと、前記データのフェージング歪に基づいて前記受信信号中のデータを復調する第4のステップを含む受信信号の復調方法を提供する。

【0019】本発明は、上記の目的を実現するため、第6の特徴として、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を第1のフェージング歪として検出する第1のステップと、前記第1のフェージング歪に基づいて第1のMAPアルゴリズムを演算する第2のステップと、前記第1のMAPアルゴリズムの演算結果から前記受信信号中のデータのフェージング歪を第2のフェージング歪として推定する第3のステップと、前記第2のフェージング歪に基づいてデータを復調する第4のステップと、前記復調されたデータを仮硬判定して仮硬判定値を出力する第5のステップと、所定の時間遅延させられた前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を第3のフェージング歪として検出する第6のステップと、所定の時間遅延させられた前記受信信号中のデータと前記仮硬判定値と比較してデータのフェージング歪を第4のフェージング歪として検出する第7のステップと、前記第3および第4のフェージング歪に基づいて第2のMAPアルゴリズムを演算する第8のステップと、前記第2のMAPアルゴリズムから前記受信信号中のデータのフェージング歪を第5のフェージング歪として推定する第9のステップと、前記第5のフェージング歪に基づいて所定の時間遅延させられた前記受信信号中の前記データを復調する第10のステップを含む受信信号の復調方法を提供する。

【0020】本発明は、上記の目的を実現するため、第7の特徴として、受信信号の複数の区間に挿入されたパ

パイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、前記ユニークワードのフェージング歪に基づいて前記データの第1のフェージング歪を推定する第1のステップと、前記データの第1のフェージング歪に基づいて前記データを復調する第2のステップと、前記ユニークワードのフェージング歪と、前記データの復調結果に基づいて得られる前記データのフェージング歪とから拡張ユニークワードのフェージング歪を検出する第3のステップと、前記拡張ユニークワードのフェージング歪に基づいて前記データの第2のフェージング歪を推定する第4のステップと、前記データの第2のフェージング歪に基づいて前記データを復調する第5のステップと、前記データの第1あるいは第2のフェージング歪のレベルに応じて前記第3より第5のステップの実行を中断し、前記第2のステップの前記データの復調結果を出力する第6のステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法を提供する。

【0021】本発明は、上記の目的を実現するため、第8の特徴として、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、前記ユニークワードのフェージング歪を第1のフェージング歪として検出し、前記データの一部に設定された拡張ユニークワードのフェージング歪を第2のフェージング歪として検出する検出手段と、前記第1および第2のフェージング歪に基づいて前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定する推定手段と、前記データのフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調する復調手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含むことを特徴とする受信信号の復調装置を提供する。

【0022】本発明は、上記の目的を実現するため、第9の特徴として、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を検出する検出手段と、前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪に基づいてMAPアルゴリズムを演算し、その演算結果から前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定する推定手段と、前記データのフェージング歪に基づいて前記受信信号中のデータを復調する復調手段とを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置を提供する。

【0023】本発明は、上記の目的を実現するため、第10の特徴として、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を第1のフェージング歪として検出する第1の検出手段と、前記第1のフェージング歪に基づいて第1のMAPアルゴリズムを演算する第1の演算手段と、前記第1のMAPアルゴリズムの演算結果から前記受信信号中のデータのフェージング歪を第2のフェージング歪として推定する第1の推定手段と、前記第2のフェージング歪に基づいて所定の時間遅延させられたデータを復調する第1の復調手段と、復調されたデータを仮硬判定して仮硬判定値を出力する判定手段と、所定の時間遅延させられた前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を第3のフェージング歪として検出し、所定の時間遅延させられた前記受信信号のデータと前記仮硬判定値と比較してデータのフェージング歪を第4のフェージング歪として検出する第2の検出手段と、前記第3および第4のフェージング歪に基づいて第2のMAPアルゴリズムを演算する第2の演算手段と、前記第2のMAPアルゴリズムの演算結果から前記受信信号中のデータのフェージング歪を第5のフェージング歪として推定する第2の推定手段と、前記第5のフェージング歪に基づいて所定の時間遅延させられた前記受信信号中の前記データを復調する第2の復調手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置を提供する。

【0024】本発明は、上記の目的を実現するため、第11の特徴として、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第1段階のフェージング歪を検出する第1の検出手段と、前記複数の区間のユニークワードの前記第1段階のフェージング歪に基づいて第1段階のスプライン補間曲線を演算し、前記第1段階のスプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第1段階のフェージング歪を推定する第1のスプライン補間推定手段と、前記受信信号中のデータの前記第1段階のフェージング歪に基づいて前記受信信号を復調して復調信号を出力する第1の復調手段と、前記復調信号と所定のしきい値を比較して2値信号を出力する判定手段と、前記受信信号の前記複数の区間のユニークワード

と既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第2段階のフェージング歪を検出し、前記複数の区間のユニークワードに隣接するデータの一部および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部と前記2値信号を比較して前記ユニークワードに隣接するデータの一部および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部のフェージング歪を検出する第2の検出手段と、前記第2の検出手段の出力に基づいて第2段階のスプライン補間曲線を演算し、前記第2段階のスプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第2段階の第1のフェージング歪を推定する第2のスプライン補間推定手段と、前記第2の検出手段の出力を入力して前記受信信号中のデータの第2段階の第2のフェージング歪を推定するウィナーフィルタ手段と、前記データの前記第2段階の第1および第2のフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調する第2の復調手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置を提供する。

【0025】本発明は、上記の目的を実現するため、第12の特徴として、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む復調装置において、前記ユニークワードのフェージング歪に基づいて前記データの第1のフェージング歪を推定する第1の推定手段と、前記データの第1のフェージング歪に基づいて前記データの第1の復調信号を出力する第1の復調手段と、前記データの復調信号の仮硬判定値に基づいて推定された前記データの第2のフェージング歪と、前記ユニークワードのフェージング歪とから拡張ユニークワードのフェージング歪を検出する検出手段と、前記拡張ユニークワードのフェージング歪に基づいて前記データの第2のフェージング歪を推定する第2の推定手段と、前記データの第2のフェージング歪に基づいて前記データの第2の復調信号を出力する第2の復調手段と、復調信号を後段の回路へ出力する出力回路と、前記データの第1あるいは第2のフェージング歪のレベルに基づいて前記第2あるいは第2の復調手段を選択的に前記出力回路に接続し、前記第1の復調手段が前記出力回路に接続されたとき、前記検出手段、前記第2の推定手段、および前記第2の復調手段を非動作状態にする制御手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置を提供する。

【0026】以上のパイロット信号を含む受信信号の復調方法およびその装置において、複数の区間にパイロット信号としてのユニークワードを挿入されて送信された送信信号、例えば、バースト信号を受信すると、A/D変換後、受信信号中のユニークワードと既知のユニークワードを比較して複数の区間のユニークワードのフェ

ジグ歪に基づいて所定の演算処理が行われ、受信信号中のデータのフェージング歪が推定される。この推定量に基づいて受信信号が復調される。復調された受信信号は、例えば、0のしきい値と比較され、1および-1の2値に仮硬判定される。受信信号のユニークワードは、再度、既知のユニークワードと比較されてユニークワードのフェージング歪が検出される。同時に、このユニークワードに隣接するデータ、およびこのユニークワードから隔てられたデータが仮硬判定によって得られた2値と比較されて拡張ユニークワードのフェージング歪として検出される。このようにして検出されたユニークワードのフェージング歪、ユニークワードに隣接するデータのフェージング歪、およびユニークワードから隔てられたデータのフェージング歪は複数のシンボル間で平均値を算出される。このようにして得られたフェージング歪の平均値は演算手段へ入力される。演算手段はそのフェージング歪によってデータのフェージング歪を推定する。このデータのフェージング歪によって受信信号のデータが復調される。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明のパイロット信号を含む受信信号の復調方法およびその装置について詳細に説明する。図1は本発明による復調装置の第1の実施の形態を示す。図1の復調装置1は、例えば、バースト信号を送受信する移動体衛星通信の移動体端末である携帯電話機に適用される。復調装置1は、受信信号をバースト信号の単位でストアするメモリMと、メモリMから読み出された受信信号 $S_i$ を遅延させる遅延回路2、受信信号 $S_i$ のユニークワードの逆変調を行う逆変調器3、既知のユニークワードの値 $S_u$ を逆変調器3に供給するUW設定器4、逆変調器3の出力を基に後述する演算式に従ってデータのフェージング推定量 $f(k)$ を算出する第1の演算部(MAP)5、演算部5の出力と遅延回路2の出力を基に受信信号 $S_i$ の復調を行う第1の復調器6、遅延回路2の出力を遅延させる遅延回路7、第1の復調器6の出力に対して仮硬判定を行う仮硬判定器8、遅延回路7および仮硬判定器8の出力を基に拡張されたユニークワードのフェージング歪を検出する逆変調器9、逆変調器9に既知のユニークワードの値 $S_u$ を供給するUW設定器10、遅延回路7の出力を遅延させる遅延回路11、逆変調器9の出力を基にデータのフェージング歪を推定する第2の演算部(MAP)12、遅延回路11および第2の演算部12の出力を基に受信信号 $S_i$ を復調して復調信号 $S_o$ を出力する第2の復調器13を備えて構成されている。遅延回路2は逆変調器3と第1の演算部5の信号処理に必要な時間だけ受信信号 $S_i$ を遅延させ、同じように、遅延回路17、11は並列に設けられたそれぞれの回路の信号処理に必要な時間だけ受信信号 $S_i$ を遅延させる。

【0028】復調装置1において、シンボル数Nのバー

スト信号のk番目のシンボルの受信信号を $r(k)$ 、送信信号を $s(k)$ 、フェージング歪成分を $f(k)$ 、ノイズ成分を $n(k)$ とすると、〔数3〕の関係が成立する。

〔数3〕

$$r(k) = f(k) \cdot s(k) + n(k)$$

第1および第2の演算部5、12は、「Meyr 著、  
「Digital Communication Receiver」, John Wiley & S\*

$$\hat{c}_k = r_k^H \cdot (R_0 + N_0)^{-1} \cdot a_T$$

$$R_0 = \begin{bmatrix} \alpha(p_0 - p_0) & \alpha(p_0 - p_1) & \cdots & \alpha(p_0 - p_{n-1}) \\ \alpha(p_1 - p_0) & \alpha(p_1 - p_1) & \cdots & \alpha(p_1 - p_{n-1}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha(p_{n-1} - p_0) & \alpha(p_{n-1} - p_1) & \cdots & \alpha(p_{n-1} - p_{n-1}) \end{bmatrix}$$

$$r_k^H = (\alpha(k - p_0) \quad \alpha(k - p_1) \quad \cdots \quad \alpha(k - p_{n-1}))$$

ここで

$$\alpha(x) = \frac{\sin(2\pi\lambda x)}{2\pi\lambda x}$$

R、Nは共分散行列を示し、 $\lambda$ はドップラー周波数を示し、 $r_k$ はk番目のシンボルと各ユニークワードの相関を表し、 $a$ は逆変調されたユニークワードのベクトルを示し、

〔数6〕

$$p_0 \sim p_{n-1}$$

は各ユニークワードのバースト信号内の位置を表している。

※ 〔数8〕

$$a'(k) = [1: \text{Re}\{a(k)\} > 0, -1: \text{Re}\{a(k)\} < 0]$$

〔0030〕図2は仮硬判定器8の判定結果を入力した逆変調器9において、ユニークワードを拡張した結果を示す。図15と比較して明らかなように、本発明は、第1に、ユニークワードUW1～UW4をそれに隣接するデータ領域に拡張して第1の拡張ユニークワードUW1'～UW4'を形成し、第2に、ユニークワードUW1～UW4から隔てられたデータD1～D5のそれぞれの一部（ここでは、データD1～D5のそれぞれの中間位置）に第2の拡張ユニークワードUW5～UW9を設けたところに特徴がある。拡張ユニークワードUW1'はUW1+データD1'+データD2'、拡張ユニークワードUW2'はUW2+データD2'+データD3'、拡張ユニークワードUW3'はUW3+データD3'+データD4'、拡張ユニークワードUW4'はU

\* ons, pp.744～747, 1997年」に記述されているものであり、バースト信号のk番目のシンボルのデータのフェージング歪の推定値

〔数4〕

$$\hat{c}_k$$

は、〔数5〕に示すMAPアルゴリズムにより推定される。

〔数5〕

※ 〔0029〕〔数7〕は仮硬判定器8の入力信号 $a(k)$ を表し、〔数8〕は仮硬判定器8の出力信号 $a'(k)$ を表している。

30 〔数7〕

$$a(k) = \frac{r(k)}{c_1(k)} = \frac{f(k) \cdot s(k)}{c_1(k)} + \frac{n(k)}{c_1(k)}$$

※ 〔数8〕

$$a'(k) = [1: \text{Re}\{a(k)\} > 0, -1: \text{Re}\{a(k)\} < 0]$$

W4+データD4'+データD5'の構成となる。拡張ユニークワードはシンボル数を増やしたことにより、情報量が増え、高速フラットフェージングが生じた場合でも、高精度でフェージング歪を推定できるようになり、受信信号 $S_i$ の復調精度を高めることができる。しかも、データの一部をユニークワードと見做すため、データの伝送効率を低下させない。〔数9〕は第2の復調器13の復調結果を示す。第2の演算部12で求められたフェージング歪推定値 $c_2(k)$ に対する位相が $\theta_2$ である。

〔数9〕

$$r(k) \cdot \exp\{-j \cdot \theta_2(k)\}$$

50 〔0031〕次に、図1の復調装置1の動作について説

明する。ここでは、BPSKで変調され、伝搬路においてフラットフェージングの影響を受けたバースト信号を想定する。フラットフェージングがあると、信号の位相・振幅が変動するので、復調のためには、データのフェージング歪を推定する必要がある。そのフェージングの推定量をチャンネル推定量と呼ぶことにする。復調に際し、メモリMには1バースト分の受信信号 $S_i[r(k)]$ が記憶される。1バースト分のシンボル数をNとすると、1段階目のチャンネル推定において、k番目のシンボルの受信データを $r(k)$ とし、この受信信号に一致する送信信号を $s(k)$ 、フェージング歪成分を $f(k)$ 、ノイズ成分を $n(k)$ とすれば、受信データ $r(k)$ は、前述した〔数3〕で表される。

【0032】ユニークワード $UW1 \sim UW4$ のそれぞれに対する送信信号は受信側で既知であり、逆変調器3で $UW$ 設定器4から与えられるユニークワード $UW1 \sim UW4$ の既知の信号 $S_u[s(k)]$ に基づいて逆変調することにより、ユニークワード $UW1 \sim UW4$ に関するフェージング成分 $f(k)$ が求められる。各ユニークワード $UW_m$ 毎に複数のシンボルのフェージング歪が平均化される。このとき、フェージング歪 $r(k)/s(k)$ に $n(k)/s(k)$ が誤差として含まれるが、各ユニークワード $UW_m$ が複数のシンボルを有するときは、その誤差を複数のシンボル間で平均すると、ノイズは平均値が0のガウス分布に従うため、その影響が圧縮され、検出精度の低下が抑えられる。次に、逆変調器3で検出されたユニークワード $UW_m$ のフェージング歪は第1の演算部5に入力され、MAPアルゴリズムに従って〔数5〕に示す演算が行われ、データのフェージング歪の推定出力

〔数10〕

$$\hat{c}_1(k)$$

を算出して出力する。

【0033】第1の演算部5によるデータのフェージング推定量

〔数11〕

$$\hat{c}_1(k)$$

は第1の復調器6に送られる。第1の復調器6は、タイミングが合うように遅延回路2で遅延して出力された受信データ $r(k)$ と、フェージング推定量

〔数12〕

$$\hat{c}_1(k)$$

を基に〔数7〕に示す $a(k)$ を算出して復調出力とする。この復調出力 $a(k)$ は仮硬判定器8によって2値判定される。仮硬判定器8は、元々のユニークワード $UW1 \sim UW4$ に隣接する部分（データ $D1'$ 、 $D2'$ 、 $D2''$ 、 $D3'$ 、 $D3''$ 、 $D4'$ 、 $D4''$ 、 $D5'$ の部

10

20

30

分)および元々のユニークワード $UW1 \sim UW4$ から隔てられた部分 $UW5 \sim UW9$ の復調信号（後段でこの部分のデータがユニークワードと見做される）と、「0」のしきい値とを比較して、〔数8〕に示されるように、 $+1$ と $-1$ の判別結果 $a'(k)$ を出力する。

【0034】仮硬判定器8の判定結果は逆変調器9に入力される。逆変調器9は、仮硬判定器8で得られた1および $-1$ 、遅延回路7からの受信データ $r(k)$ 、および $UW$ 設定器10からの既知のユニークワードの値 $S_u[s(k)]$ を基に逆変調を行い、ユニークワードのフェージング歪を検出する。すなわち、元々のユニークワード $UW1 \sim UW4$ に関しては、 $UW$ 設定器10の出力 $S_u[s(k)]$ を基に逆変調し、拡張されたユニークワード $UW5 \sim UW9$ と $UW1 \sim UW4$ に隣接するデータ $D1' \sim D5'$ 、 $D2'' \sim D4''$ については、仮硬判定器8の出力1、 $-1$ をもとに逆変調する。第1の拡張ユニークワード $UW1' \sim UW4'$ のフェージング歪は、それぞれの複数のシンボル（元々のユニークワードのシンボルと、データであり、同時にユニークワードと見做されるシンボルの組み合わせ）間で平均され、その平均値が第1の拡張ユニークワード $UW1' \sim UW4'$ のフェージング歪とされる。また、第2の拡張ユニークワード $UW5 \sim UW9$ についても複数のシンボル（データであり、同時にユニークワードと見做されるシンボル）間で平均値がとられ、第2の拡張ユニークワード $UW5 \sim UW9$ のフェージング歪として第2の演算部12へ出力される。第2の演算部12は、第1および第2の拡張ユニークワード $UW1' \sim UW4'$ 、 $UW5 \sim UW9$ のフェージング歪に基づいてデータ $D1 \sim D5$ のフェージング歪推定値

〔数13〕

$$\hat{c}_2(k)$$

をMAPアルゴリズムにより求める。このフェージング歪推定量によって、第2の復調器13は遅延回路11からの受信信号中のデータ $D1 \sim D5$ を復調して復調信号 $S_o$ を出力する。

【0035】以上のように、ユニークワード $UW1 \sim UW4$ とそれに隣接するデータを含む第1の拡張ユニークワード $UW1' \sim UW4'$ と、各データ $D1 \sim D5$ の途中に設定した第2の拡張ユニークワード $UW5 \sim UW9$ のフェージング歪を検出することにより、データの高精度のフェージング歪の推定が可能になった。また、フェージング歪の推定にMAPアルゴリズムを用いたことにより、推定の精度を向上させることが可能になった。

【0036】図3は、信号対フェージング強度 $C/M = 7$  dB、ドップラー周波数が0.01の条件で、図2において示した第1の拡張ユニークワード $UW1' \sim UW4'$ 、および第2の拡張ユニークワード $UW5 \sim UW9$ の設定の有無に基づく効果を確認した結果を示す。○印

50

のプロットは、第1および第2の拡張ユニークワードUW1'～UW4'およびUW5～UW9の両方を設定した場合のBER、×印のプロットは、第2の拡張ユニークワードUW5～UW9だけを設定した場合のBER、□印は、元々のユニークワードUW1～UW4だけで拡張ユニークワードを設定しない場合のBERを示す。この結果から明かなように、第1および/あるいは第2拡張ユニークワードを設定することによってBERを理論値に近づけることができる。

【0037】本発明は、上記実施の形態に限定されるものではなく、例えば、受信信号はQPSKなどの他のデジタル位相変調された信号を受信する装置に適用できるほか、TDMA、CDMA（Code Division Multiple Access）などにも適用することができる。

【0038】図4は本発明のパイロット信号を含む受信信号の復調装置の第2の実施の形態を示す。図1と同一の部分には、同一の引用数字を付したので重複する説明は省略するが、ユニークワード切替制御回路50と、切替回路51、52とが付加されている。

【0039】以上の構成において、演算回路5、12より出力されるデータのフェージング歪の推定値

【数14】

$$\hat{c}_1(k), \hat{c}_2(k)$$

の両方あるいは何れか一方が第1の所定の値より小なるとき、制御回路50は切替回路51、52を制御して図示の接続状態にする。この結果、第1の復調器6の出力が復調信号S<sub>0</sub>として出力される。その結果、第1および第2の拡張ユニークワードの設定が行われず、元々のユニークワードUW1～UW4だけからデータのフェージング歪みが推定される。

【0040】次に、演算回路5、12より出力されるデータのフェージング歪の推定値

【数15】

$$\hat{c}_1(k), \hat{c}_2(k)$$

の両方あるいは何れか一方が前述した第1の所定の値より小に設定された第2の所定の値より小なるとき、制御回路50は切替回路51、52を制御して図示の接続状態にし、かつ、バースト信号中の1シンボルを使用して基地局へユニークワードUW1～UW4の減少を指示する。その結果、ユニークワードUW2～UW4が削除され、バースト信号の先頭あるいは中央にユニークワードUW1だけが設定される。

【0041】一方、演算回路5、12より出力されるデータのフェージング歪の推定値

【数16】

$$\hat{c}_1(k), \hat{c}_2(k)$$

の両方あるいは何れか一方が前述した第1の所定の値より

り大なるとき、制御回路50は切替回路51、52を制御して図1に示した接続状態にする。その結果、第1の実施の形態と同じように、第1および第2の拡張ユニークワードが設定される。

【0042】以上の3つの制御モードを述べたが、第1の制御モードでは、復調器の構成を簡素化し、処理遅延時間が大なるのを防ぐことができる。第2の制御モードでは、第1の制御モードの効果に加えて、データの伝送効率を大にすることができる。第3の制御モードでは、データの1部をユニークワードと見做すので、データの伝送効率の低下を抑えながらフェージング歪を高い精度で補償することができる。

【0043】図5は本発明のパイロット信号を含む復調装置の第3の実施の形態を示す。図5においては、図1と同一であるものには同一の引用数字を用いたので、以下においては重複する説明を省略する。この復調装置20は、図1の第1の演算部5に代えてスプライン補間係数計算器15を用い、第2の演算部12に代えてウィーナーフィルタ16、スプライン補間係数計算器17、および信号合成器（MUX）18を用いた構成になっている。スプライン補間係数計算器15は、逆変調器3からのユニークワードUW1～UW4のフェージング歪に基づいてデータD1～D5のフェージング歪を推定する。ウィーナーフィルタ16は、逆変調器9からの第1の拡張ユニークワードUW1'～UW4'およびデータ内に設定された第2の拡張ユニークワードUW5～UW9のフェージング歪に基づいて中央部のデータ（図2のデータD2～D4）のフェージング歪を推定する。スプライン補間係数計算器17は、逆変調器9からの第1および第2の拡張ユニークワードUW1'～UW4'、UW5～UW9のフェージング歪に基づいて両端部のデータ（図2のデータD1、D5）のフェージング歪を推定する。そして、信号合成器18は、ウィーナーフィルタ16およびスプライン補間係数計算器17からのデータのフェージング歪を合成する。信号合成器18には復調器13が接続されており、信号合成器18からのデータのフェージング歪によって受信信号を復調する。

【0044】図6はウィーナーフィルタ16の構成例を示す。このウィーナーフィルタ16は、トランスバーサル型のフィルタであり、 $[m' - 1]$ 個の遅延回路4

1、 $m'$ 個の乗算器42、乗算器42の乗算結果を加算する加算器43を備えている。ここで、 $m'$ は図2に示した第1および第2の拡張ユニークワードの設定数

（ $m' = 9$ ）に相当する。このウィーナーフィルタ16では、逆変調器9によって検出された第1および第2の拡張ユニークワードのフェージング歪が順々に遅延回路41によって遅延された後、第1および第2の拡張ユニークワードのフェージング歪が同時に乗算器42に入力され、個々のタップ係数 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{m'}$ が乗算される。タップ係数 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{m'}$ の算出方

法については後述する。

【0045】ウィーナーフィルタ16において、フェージング歪のドップラー周波数を $\lambda$ とすると、 $k$ 番目のシンボルに対する $i$ 番目の乗算器42のタップ係数 $\alpha_i$ は、次式で表される。

【数17】

$$\alpha_i = \sin(x) / x, x = 2\pi\lambda(i-k)$$

【0046】図7は、スプライン補間係数計算器15において、スプライン補間曲線を算出するプロセスを示す。ここでは、拡張されない元々のユニークワードUW1～UW4を対象として説明する。UW1～UW4のシンボル番号をX1～X4とおき、逆変調器3で検出したユニークワードUWmのフェージング歪に基づく各Xi ( $i=1, 2, 3, 4$ )に対応する関数値を $Y_i = F$  \* (数18)

$$\begin{aligned} P_i(x) = & P_i''(X_i) \cdot \{X(i+1) - x\}^3 / 6h_i + P_i''\{X(i+1)\} \cdot (x - X_i)^3 \\ & / 6h_i + \{Y(i+1) / h_i - h_i \cdot P_i''(X_i+1) / 6\} \cdot (x - X_i) \\ & + \{Y_i / h_i - h_i \cdot P_i''(X_i) / 6\} \cdot \{X(i+1) - x\} \end{aligned}$$

と表すことができる。このスプライン補間関数 $P_i(x)$ は、例えば、1985年に日本電気株式会社によって発行された「ACOSソフトウェア数値計算ライブラリ説明書(第7版)」の78頁に説明されている。前述したように、 $f(x) = F(X_i)$ を満足させるために、例えば、図6の実数部Reの点X2の両側の3次の多項式を、

【数19】

$$f(x) = a_1x^3 + b_1x^2 + c_1x + d_1, \text{ および}$$

$$f(x) = a_2x^3 + b_2x^2 + c_2x + d_2$$

と仮定し、前述したACOSソフトウェアに基づき、両方の $f(x)$ の2階微分の値が等しくなるように各係数【数20】

$$a_1, b_1, c_1, d_1, a_2, b_2, c_2, d_2$$

を算出して各区間 $I_i$ 毎の $f(x)$ を決定する。勿論、スプライン補間関数は3次の多項式に限定されず、4次以上であっても良く、高次になるほど演算量は増えるが推定精度が向上する。

【0048】図8は図7の実数部Reと虚数部Imの2つの近似関係 $f(x)$ からスプライン補間関数 $P_i(x)$ を算出して図示化したものである。各ユニークワードUWmのフェージング歪をプロットした点X1～X4を通るスプライン補間曲線C1～C4によって対応するデータD1～D5のフェージング歪を推定する。このとき、例えば、シンボルS1のフェージング歪は曲線C1から、シンボルS2のフェージング歪は曲線C2か

\* ( $X_i$ )とする。各ユニークワードUWmは、複数のシンボルを有するときは、各ユニークワードUWmにおいて、複数のシンボルを平均することで1点とみなすことができる。この4点を通る近似関数を $f(x)$ とする。これがこの区間で連続な1階微分(数式上では「'」で示す)および2階微分(数式上では「''」で示す)を持ち、後述するように、 $f(x) = F(X_i)$ を満足するようにする。関数値 $F(X_i)$ は、実数部がReとして示され、虚数部がImとして示されている。

【0047】ここで、 $f(x)$ が、例えば、2つの隣接点を端点とする区間 $I_i = \{X_i, X(i+1)\}$ で、例えば、3次の多項式 $P_i(x)$ と一致するとし、 $h_i = X(i+1) - X_i$ とすると、スプライン補間関数 $P_i(x)$ は、

【数18】

ら、シンボルS3のフェージング歪は曲線C5から、それぞれ推定することができる。スプライン補間係数計算器17においても、スプライン補間係数計算器15と同様にデータのフェージング歪の推定が行われる。ただし、スプライン補間係数計算器17では、第1および第2の拡張ユニークワードの設定数に応じてプロット点が増加するので、推定精度が向上する。

30 【0049】図9は $\sin(x)/x$ の曲線Fに基づいてデータD2のシンボルSに対するウィーナーフィルタ16のタップ係数 $\alpha_1 \sim \alpha_4$ を算出するプロセスを示す。ここで、横軸xはタップ係数を求めるシンボルSの位置を0としたとき、この位置からのシンボル数に応じた距離を表す。曲線Fの最大値を0の位置に一致させ、各ユニークワードUWmのx軸上の位置に対応する曲線Fの値が、タップ係数となり、ウィーナーフィルタ16の乗算器42に与えられる。

【0050】図5の第3の実施の形態においても、第1の実施の形態で説明したように、 $k$ 番目のシンボルに対して受信信号を $r(k)$ 、送信信号を $s(k)$ とすると、受信信号 $r(k)$ は、フェージング歪成分 $f(k)$ 、ノイズ成分 $n(k)$ を用いて、【数3】で示したように、次のように表せる。

【数21】

$$r(k) = f(k) \cdot s(k) + n(k)$$

【0051】各ユニークワードUWmに関しては送信信号 $s(k)$ が受信側で既知なので、逆変調器3で逆変調することにより変調成分が除去された受信信号 $r(k)$ と送信信号 $s(k)$ の比から、ユニークワードUWmの

フェージング歪が算出できる。即ち、  
【数22】

$$r(k)/s(k) = f(k) + n(k)/s(k)$$

が算出される。このとき、フェージング歪  $r(k)/s(k)$  に  $n(k)/s(k)$  が誤差として含まれるが、各ユニークワード  $UW_m$  が複数のシンボルを有するときは、その誤差を複数のシンボル間で平均すると、ノイズは平均値が0のガウス分布に従うため、その影響が圧縮され、検出精度の低下が抑えられる。ユニークワード  $UW_m$  が複数のシンボルを有するときは、その平均値が逆変調器3で算出される。復調器6では、遅延回路2からの受信信号  $r(k)$  をデータのフェージング歪推定量  
【数23】

$$\hat{c}_1(k)$$

\*

$$a'(k) = [1: \text{Re}\{a(k)\} > 0, -1: \text{Re}\{a(k)\} < 0]$$

【0053】逆変調器9は、元々のユニークワード  $UW_1 \sim UW_4$  とそれに隣接するデータ ( $D1', D2', D2'', D3', D3'', D4', D4'', D5'$ ) を含む第1の拡張ユニークワード  $UW1' \sim UW4'$  と各データの中央領域に設定した第2の拡張ユニークワード  $UW5 \sim UW9$  のフェージング歪を検出し、各拡張ユニークワード毎に複数のシンボル間で平均値を算出し、それを第1および第2の拡張ユニークワード  $UW1' \sim UW4'$ 、 $UW5 \sim UW9$  のフェージング歪としてウィナーフィルタ16とスプライン補間係数計算器17へ出力する。ウィナーフィルタ16においては、バースト信号の中央部(図2のデータ  $D2 \sim D4$ ) に関してデータのフェージング歪を検出する。k番目のシンボルのフェージング歪の推定量  
【数26】

$$\hat{c}_2(k)$$

は、図8に示したタップ係数  $\alpha_i$  より、次式で表される。

【数27】

$$\hat{c}_2(k) = \sum \alpha_i \cdot r(i) / a'(i)$$

ただし、 $i = 1 \sim N$ 、 $N$ はバースト信号のシンボル数である。

【0054】よって、ウィナーフィルタ16からの出力  $\theta_2(k)$  は、次式で表される。

【数28】

$$\theta_2k = \text{Arctan} \{ \text{Im}(\hat{c}_2(k)) / \text{Re}(\hat{c}_2(k)) \}$$

となる。

【0055】次に、スプライン補間係数計算器17によるバースト信号の両端部(図2のデータ  $D1, D5$ ) のフェージング歪の推定について説明する。図2に示すよ

\*で除算し、仮硬判定器8への入力  $a(k)$  を次式に従って算出する。

【数24】

$$a(k) = r(k) / \hat{c}_1(k)$$

$$= f(k) \cdot s(k) / \hat{c}_1(k) + n(k) / \hat{c}_1(k)$$

【0052】仮硬判定器8からの出力  $a'(k)$  は、しきい値0との比較により、1あるいは-1となる。出力  $a'(k)$  は、【数8】で示したように、次式で表される。

【数25】

うに、元々のユニークワード  $UW_m$  ( $UW_1 \sim UW_4$ ) が両側のデータ部分のシンボルを元々のユニークワード  $UW_1 \sim UW_4$  の一部と見なすことにより、第1の拡張ユニークワード  $UW1' \sim UW4'$  を形成する。元々のユニークワード  $UW_m$  に関しては、 $UW$  設定器10からの既知の値  $Su[s(k)]$  と受信信号の比に基づいてフェージング歪を算出し、第1の拡張ユニークワード  $UW_m'$  の残りの部分  $D1' \sim D5', D2'' \sim D4''$  と第2の拡張ユニークワード  $UW5 \sim UW9$  に関しては、仮硬判定器8からの2値と受信信号の比に基づいてフェージング歪を算出する。第1および第2の拡張ユニークワードは各拡張ユニークワード毎に複数のシンボル間で平均値を算出されて一点とされ、その点を図7、図8に示すようにプロットし、データ  $D1, D5$  のフェージング歪推定量  
【数29】

$$\hat{c}_2(k)$$

を算出する。

【0056】次に、位相角  $\theta_2$  は、次式で算出される。

【数30】

$$\theta_2k = \text{Arctan} \{ \text{Im}(\hat{c}_2(k)) / \text{Re}(\hat{c}_2(k)) \}$$

となる。これらの結果より、第2の復調器13は遅延回路11からの受信データを次式により復調して復調信号  $S_o$  を出力する。

【数31】

$$r(k) \cdot \exp \{ -j \cdot \theta_2(k) \}$$

【0057】図10は第3の実施の形態におけるBER特性を示す。条件は信号対フェージング強度  $C/M = 7$  dB、ドップラー周波数が0.01である。図中、□印はデータ  $D1$  と  $D5$  のフェージング歪をスプライン補間



係数計算器17によるスブライン補間によって推定し、データD2、D3およびD4のフェージング歪をウィナーフィルタ16によって推定した結果を示し、○印はウィナーフィルタ16だけでデータのフェージング歪を推定した結果を示し、×印はスブライン補間係数計算器17だけでデータのフェージング歪を推定した結果を示す。データの両端部をスブライン補間係数計算器17によるスブライン補間の推定量によって復調し、データの中央部をウィナーフィルタ16の推定量によって復調する方法が、最も理論値に近づくことがわかる。具体的には、 $E_b/NO=2$ のとき、BERの理論値は0.063であるが、ウィナーフィルタとスブライン補間の併用の場合は、BERが0.072となり、約0.5dB理論値から劣化( $E_b/NO$ 換算)する。一方、例えば、ウィナーフィルタのみの場合には、BERが0.076となり、約0.7dB理論値から劣化するため、前述した復調装置としての所要のBERがとれないといえる。

【0058】図11は信号対フェージング強度 $C/M=7$ dB、ドップラー周波数が0.01の条件で、 $E_b/NO=2$ のとき、第1の実施の形態(演算部5、12にMAPを使用)と、第3の実施の形態(スブライン補間係数計算器15、17とウィナーフィルタ16を使用)におけるBERを比較した結果を示す。横軸はNシンボルのバースト信号におけるシンボルの位置を元々のユニークワードUW1~UW4の位置と関連付けて示す。この結果から、第1の実施の形態が優れていることが判る。

【0059】図12は、図10と同一の条件における第1の実施の形態と第3の実施の形態の $E_b/NO$ 対BERの関係を示す。この結果から、 $E_b/NO=2$ のとき、MAPを用いた場合は、BERが0.068となり、理論値0.063に対して $E_b/NO$ 換算で約0.2dBの劣化に抑えられる。尚、スブライン補間とウィナーフィルタとの併用の場合は図10で説明したように、約0.5dBの劣化であるため、約0.3dBだけ改善していることが分かる。

【0060】以上の実施の形態において、位相変調は4値によって搬送波を変調するQPSKであっても良く、通信方式はCDMA(Code Division Multiple Access)であっても良い。CDMAは固有の暗号化コードを有することによって複数の信号によって共通の周波数を使用するものであり、パイロット信号を間隔的に挿入する信号フォーマットにすることによって本発明の復調方法および装置が使用可能になる。

【0061】また、送受信される信号はバースト型である必要はなく、連続波であっても良い。更に、ウィナーフィルタ16およびスブライン補間係数計算器17は、単独で使用されても良く、また、併用されるときでも、前述した中央部および両端部の役割分担に限定され

ることではない。

【0062】さらに、図1の第1の演算部5と図5のスブライン補間係数計算器15を入れ替えた構成、あるいは、図1の第2の演算部12と図4のウィナーフィルタ16、スブライン補間係数計算器17および信号合成器18から成る部分を入れ替えた構成も可能である。

【0063】また、上記実施の形態においては、ユニークワードUW1~UW4を拡張してUW1'~UW4'を形成したが、ユニークワードUW1~UW4は元のままとし、これに拡張ユニークワードUW5~UW9のみを追加拡張した構成であってもよい。

【0064】

【発明の効果】以上説明した通り、本発明のパイロット信号を含む受信信号の復調方法およびその装置によれば、送信側からの元々のユニークワードのほかに、受信側でデータ内に拡張ユニークワードを設定したことにより、データのフェージング歪の推定を高精度にすることができ、演算量を増大させることなく、低 $E_b/NO$ において理論値に近いBERを得ることができる。このとき、元々のユニークワードに隣接するデータの一部にユニークワードを拡張することに加え、元々のユニークワードから隔たったデータ内に拡張ユニークワードを設定することによりデータのフェージング歪の推定を更に精度の高いものにすることができる。また、データのフェージング歪の推定をMAPによって行くと、スブライン補間やウィナーフィルタに比較して近似の程度が優れているため、更に理論値に近いBERを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるパイロット信号を含む受信信号の復調装置の第1の実施の形態を示すブロック図である。

【図2】図1の逆変調器におけるユニークワードの拡張結果を示すフレーム構成図である。

【図3】拡張ユニークワードによるBERの低下を示すグラフである。

【図4】本発明の復調装置の第2の実施の形態を示すブロック図である。

【図5】本発明の復調装置の第3の実施の形態を示すブロック図である。

【図6】図4のウィナーフィルタの詳細構成を示すブロック図である。

【図7】図4のスブライン補間係数計算器におけるスブライン補間曲線の算出プロセスを示す説明図である。

【図8】図6の実数部 $Re$ と虚数部 $Im$ の2つの近似関係 $f(x)$ からスブライン補間関数 $P_i(x)$ を算出して図示化した説明図である。

【図9】 $\sin(x)/x$ の曲線に基づいてデータD2のシンボルに対するウィナーフィルタのタップ係数を算出するプロセスを示す説明図である。

【図10】本発明の第3の実施の形態におけるBER特

性を示す特性図である。

【図11】本発明の第1および第3の実施の形態のBERの比較を示すグラフである。

【図12】本発明の第1および第3の実施の形態のBERの比較を示すグラフである。

【図13】従来の移動体衛星通信の移動体端末の構成例を示すブロック図である。

【図14】図12に示した復調回路の詳細構成を示すブロック図である。

【図15】バースト型の送受信信号のフォーマットを示すフレーム構成図である。

【図16】図14の復調回路の他の構成例を示すブロック図である。

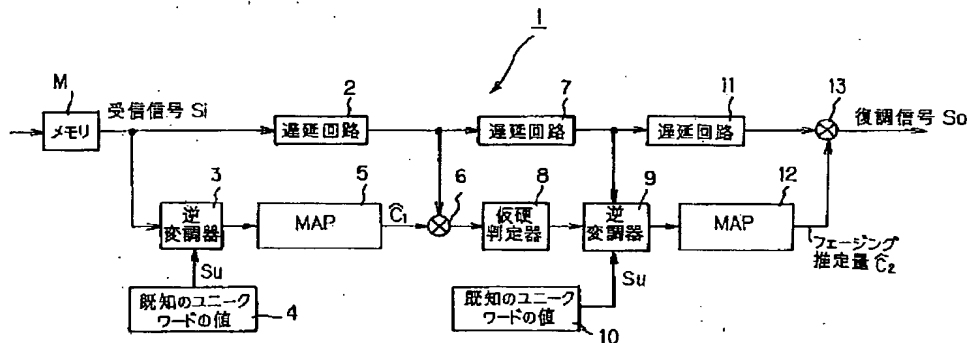
【符号の説明】

- 1, 20 復調装置  
2, 7, 11, 101, 119 遅延回路  
3, 9 逆変調器  
4, 10 UW設定器

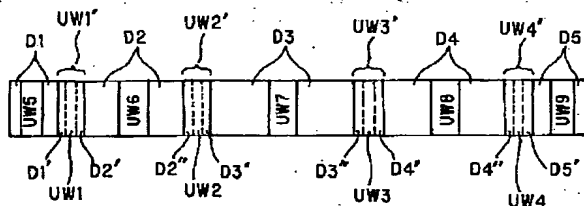
- \* 5 第1の演算部 (MAP)  
6 第1の復調器  
8 仮硬判定器  
12 第2の演算部 (MAP)  
13 第2の復調器  
14 重み付け器  
15, 17 スプライン補間係数計算器  
16 ウィナーフィルタ  
18 信号合成器 (MUX)  
91 アンテナ  
92 信号変換部  
93 復調回路  
94 音声信号化部  
95 スピーカ  
102 データ復調部  
103 ユニークワード復調部  
104 データ歪推定部

\*

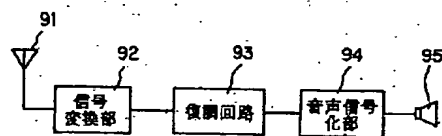
【図1】



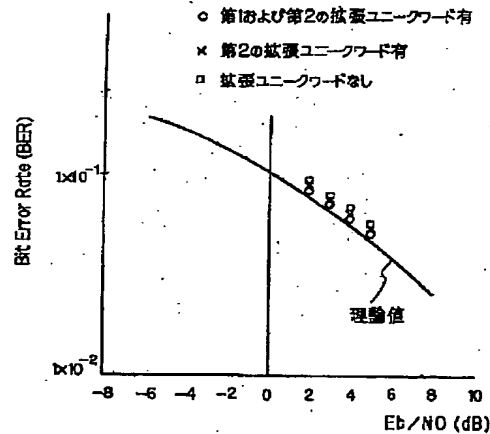
【図2】



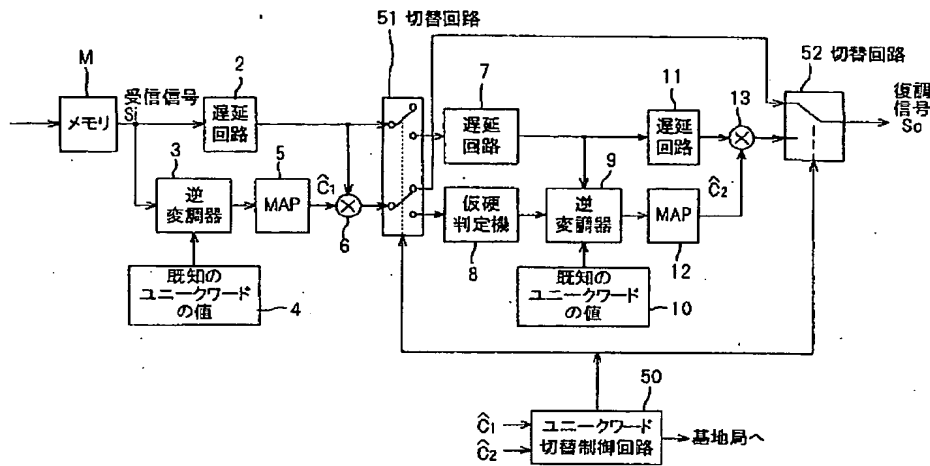
【図13】



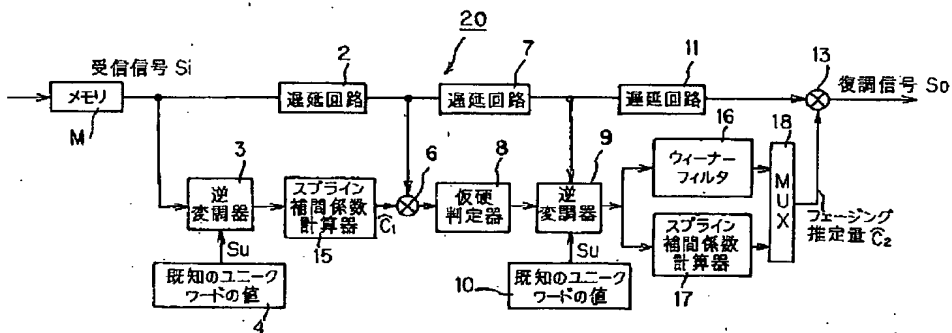
【図3】



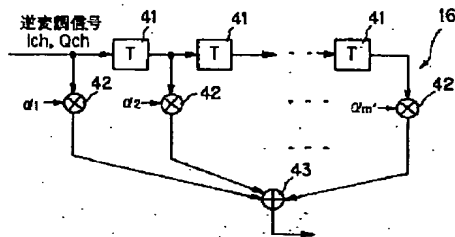
【図4】



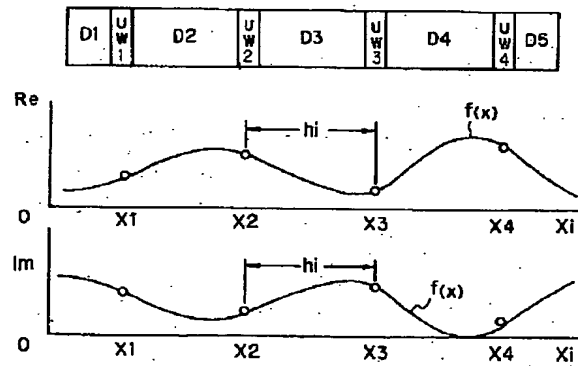
【図5】



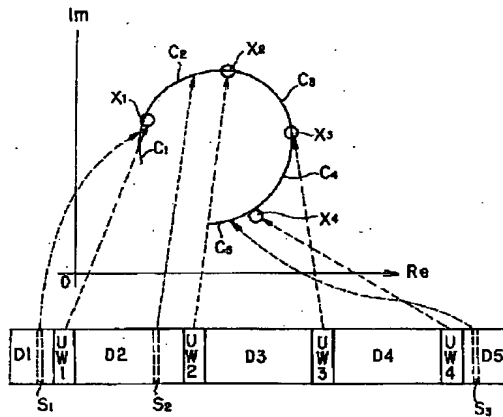
【図6】



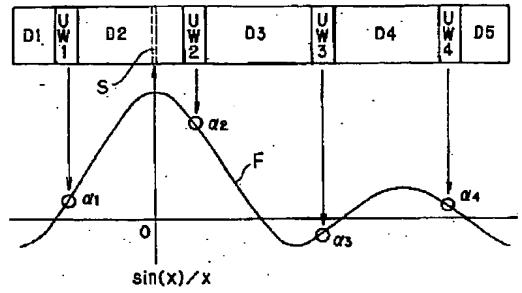
【図7】



【図8】

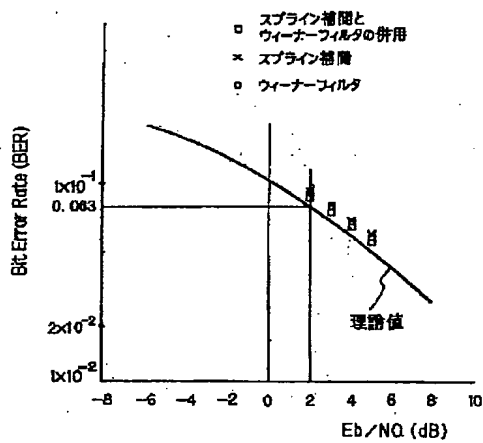


【図9】

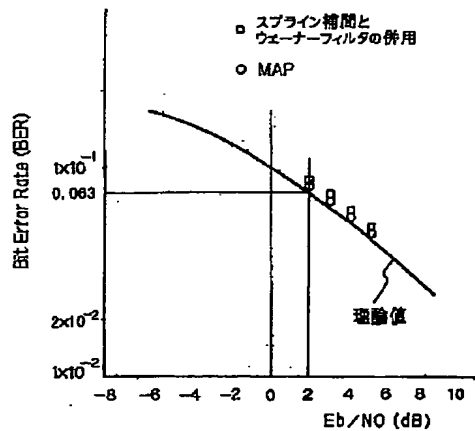


【図11】

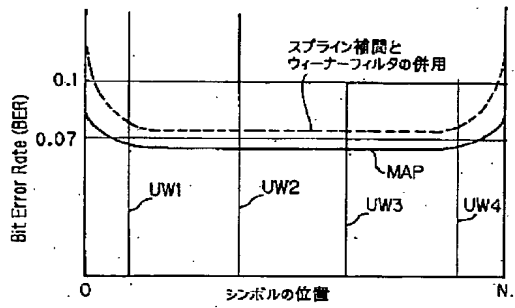
【図10】



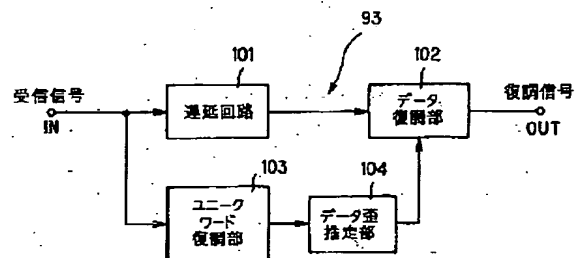
【図12】



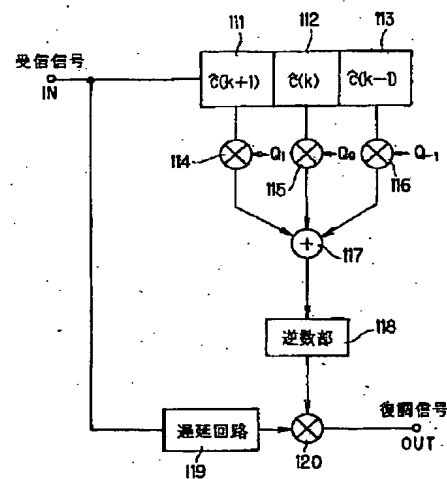
【図15】



【図14】



【図16】



## 【手続補正書】

【提出日】平成11年8月6日(1999. 8. 6)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項1

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項1】 受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、  
 前記データの一部を拡張ユニークワードとして設定するステップと、  
 前記パイロット信号としての前記ユニークワードのフェージング歪を第1のフェージング歪として検出するステップと、  
前記第1のフェージング歪に基づいて前記データの一部のフェージング歪を推定するステップと、  
前記データの一部のフェージング歪に基づいて前記データの一部を復調するステップと、  
前記データの一部の復調結果に基づいて前記拡張ユニークワードのフェージング歪を第2のフェージング歪として検出するステップと、  
 前記第1および第2のフェージング歪に基づいて前記データのフェージング歪を推定するステップと、  
 前記データのフェージング歪に基づいて前記データを復調するステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項4

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項4】 前記拡張ユニークワードとして設定するステップ、前記第1および第2のフェージング歪として検出するステップ、前記データおよび前記データの一部のフェージング歪を推定するステップ、および前記データおよび前記データの一部を復調するステップは、バースト信号単位でメモリに記憶された前記受信信号に基づいてそれぞれのステップを実行することを特徴とする請求項第1項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

## 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項20

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項20】 受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、  
 前記ユニークワードのフェージング歪を第1のフェージング歪として検出する第1の検出手段と、  
前記第1のフェージング歪に基づいて前記データの一部のフェージング歪を推定する第1の推定手段と、

前記データの一部のフェージング歪に基づいて前記データの一部を復調する第1の復調手段と、

前記データの一部の復調結果に基づいて前記データの一部に設定された拡張ユニークワードのフェージング歪を第2のフェージング歪として検出する第2の検出手段と、

前記第1および第2のフェージング歪に基づいて前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定する第2の推定手段と、

前記データのフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調する復調手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項21

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項21】 前記第2の検出手段は、前記第2のフェージング歪を前記ユニークワードに隣接するデータのフェージング歪および前記ユニークワードから隔てられたデータのフェージング歪に基づいて検出する構成であることを特徴とする請求項第20項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項22

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項22】 前記第1の検出手段は、前記受信信号として受信された所定のシンボル数のバースト信号に挿入された前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記第1のフェージング歪を検出し、

前記第2の検出手段は、前記バースト信号中の前記データの一部と前記第1の復調手段で復調された復調信号の仮硬判定値を比較して前記第2のフェージング歪を検出する構成であることを特徴とする請求項第20項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項23

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項23】 前記第1の検出手段は、前記所定のシンボル数のバースト信号としてBPSK ( Binary Phase Shift Keying) またはQPSK (Quadrature Phase Shift Keying) で位相変調され、TDMA (Time Division Multiple Access)方式またはCDMA (Code Division Multiple Access)方式で受信されたバースト信号に挿入された前記複数の区間のユニークワードと前記既

知のユニークワードを比較して前記第1のフェージング歪を検出し、

前記第2の検出手段は、前記バースト信号中の前記データの一部と前記第1の復調手段で復調された復調信号の仮硬判定値を比較して前記第2のフェージング歪を検出する構成であることを特徴とする請求項第20項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項24

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項24】 前記受信信号をバースト単位で記憶して前記受信信号を前記第1および第2の検出手段、前記第1および第2の推定手段、および前記第1および第2の復調手段へ出力する記憶手段を、更に含むことを特徴とする請求項第20項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の目的を実現するため、第1の特徴として、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、前記データの一部を拡張ユニークワードとして設定するステップと、前記パイロット信号としての前記ユニークワードのフェージング歪を第1のフェージング歪として検出するステップと、前記第1のフェージング歪に基づいて前記データの一部のフェージング歪を推定するステップと、前記データの一部のフェージング歪に基づいて前記データの一部を復調するステップと、前記データの復調結果に基づいて前記拡張ユニークワードのフェージング歪を第2のフェージング歪として検出するステップと、前記第1および第2のフェージング歪に基づいて前記データのフェージング歪を推定するステップと、前記データのフェージング歪に基づいて前記データを復調するステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法を提供する。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正内容】

【0021】本発明は、上記の目的を実現するため、第

8の特徴として、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、前記ユニークワードのフェージング歪を第1のフェージング歪として検出する第1の検出手段と、前記第1のフェージング歪に基づいて前記データの一部のフェージング歪を推定する第1の推定手段と、前記データの一部のフェージング歪に基づいて前記データの一部の復調する第1の復調手段と、前記データ\*

\*の一部の復調結果に基づいて前記データの一部の設定された拡張ユニークワードのフェージング歪を第2のフェージング歪として検出する第2の検出手段と、前記第1および第2のフェージング歪に基づいて前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定する第2の推定手段と、前記データのフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調する復調手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置を提供する。

# 【手続補正書】

【提出日】平成11年10月28日（1999. 10. 28）

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、  
前記データの一部の拡張ユニークワードとして設定するステップと、  
前記パイロット信号としての前記ユニークワードのフェージング歪を第1のフェージング歪として検出するステップと、  
前記第1のフェージング歪に基づいて前記データの一部のフェージング歪を推定するステップと、  
前記データの一部のフェージング歪に基づいて前記データの一部の復調するステップと、  
前記データの一部の復調結果に基づいて前記拡張ユニークワードのフェージング歪を第2のフェージング歪として検出するステップと、  
前記第1および第2のフェージング歪に基づいて前記データのフェージング歪を推定するステップと、  
前記データのフェージング歪に基づいて前記データを復調するステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項2】 前記拡張ユニークワードとして設定するステップは、前記パイロット信号としての前記ユニークワードから隔てられたデータの一部分を前記パイロット信号としての前記ユニークワードに独立した前記拡張ユニークワードとして設定するステップを含むことを特徴とする請求項第1項記載のパイロット信号を含むことを特徴とする受信信号の復調方法。

【請求項3】 前記拡張ユニークワードとして設定するステップは、前記パイロット信号としての前記ユニークワードに隣接するデータの一部分を前記パイロット信号としての前記ユニークワードに付属させた第1の拡張ユニークワードとして設定するステップと、前記パイロット信号としての前記ユニークワードから隔てられたデータの一部分を前記パイロット信号としての前記ユニークワードに独立した第2の拡張ユニークワードとして設定するステップを含み、

前記第1のフェージング歪として検出するステップは、前記第1の拡張ユニークワードのフェージング歪を検出し、そのフェージング歪を前記第2のフェージング歪としないで前記第1のフェージング歪として処理するステップと、前記第2のフェージング歪として検出するステップは、前記第2の拡張ユニークワードのフェージング歪を前記第2のフェージング歪として検出するステップを含むことを特徴とする請求項第1項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項4】 前記拡張ユニークワードとして設定するステップ、前記第1および第2のフェージング歪として検出するステップ、前記データおよび前記データの一部のフェージング歪を推定するステップ、および前記データおよび前記データの一部分を復調するステップは、バースト信号単位でメモリに記憶された前記受信信号に基づいてそれぞれのステップを実行することを特徴とする請求項第1項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項5】 受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、  
前記ユニークワードに隣接するデータの一部分を前記ユニークワードに付属させて第1の拡張ユニークワードとして設定するステップと、  
前記ユニークワードから隔てられたデータの一部分を前記ユニークワードと独立した第2の拡張ユニークワードと

して設定するステップと、  
前記第1および第2の拡張ユニークワードのそれぞれのフェージング歪を推定するステップと、  
前記第1および第2の拡張ユニークワードのフェージング歪に基づいて前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定するステップと、  
前記受信信号中のデータのフェージング歪の推定結果に基づいて前記受信信号中の前記データを復調するステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項6】 前記第1の拡張ユニークワードのフェージング歪を推定するステップは、既知のユニークワードの値と復調された前記隣接するデータの一部の仮硬判定結果に基づいて推定するステップを含み、  
前記第2の拡張ユニークワードのフェージング歪を推定するステップは、復調された前記独立したデータの一部の仮硬判定結果に基づいて推定するステップを含むことを特徴とする請求項第5項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項7】 前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定するステップは、前記第1および第2の拡張ユニークワードのフェージング歪に基づいて、【数5】の演算式を用いたMAP演算により行うステップを含むことを特徴とする請求項第5項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項8】 前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定するステップは、前記第1および第2の拡張ユニークワードのフェージング歪に基づいてスプライン補間により推定して算出するステップを含むことを特徴とする請求項第5項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項9】 前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定するステップは、バースト信号の両端部のデータのフェージング歪を推定するステップ、および前記バースト信号の前記両端部を除いた中央部のデータのフェージング歪を推定するステップを含むことを特徴とする請求項第5項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項10】 前記第1および第2の拡張ユニークワードとして設定するステップ、前記第1および第2の拡張ユニークワードのフェージング歪を推定するステップ、前記データのフェージング歪を推定するステップ、および前記データを復調するステップは、バースト信号単位でメモリに記憶された前記受信信号に基づいてそれぞれのステップを実行することを特徴とする請求項第5項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項11】 受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信

信号の復調方法において、  
前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第1段階のフェージング歪を検出するステップと、  
前記複数の区間のユニークワードの前記第1段階のフェージング歪に基づいて第1段階のMAP演算を行って前記受信信号中のデータの第1段階のフェージング歪を推定するステップと、  
前記受信信号中のデータの前記第1段階のフェージング歪に基づいて前記受信信号を復調して復調信号を出力するステップと、  
前記復調信号と所定のしきい値を比較して2値信号を出力するステップと、  
所定の時間遅延させられた前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第2段階のフェージング歪を検出するステップと、  
前記複数の区間のユニークワードに隣接するデータの一部および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部と前記2値信号を比較し、前記隣接するデータの一部および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部のフェージング歪を検出するステップと、  
前記複数の区間のユニークワードの前記第2段階のフェージング歪、前記ユニークワードに隣接するデータの一部および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部のフェージング歪に基づいて第2段階のMAP演算を行い、前記受信信号中のデータの第2段階のフェージング歪を推定するステップと、  
前記データの前記第2段階のフェージング歪に基づいて所定の時間遅延させられた前記受信信号中の前記データを復調するステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項12】 受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、  
前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第1段階のフェージング歪を検出する第1のステップと、  
前記複数の区間のユニークワードの前記第1段階のフェージング歪に基づいて第1段階のスプライン補間曲線を演算し、該スプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第1段階のフェージング歪を推定する第2のステップと、  
前記受信信号中のデータの前記第1段階のフェージング歪に基づいて所定の時間遅延させられた前記受信信号を復調して復調信号を出力する第3のステップと、



前記復調信号と所定のしきい値を比較して2値信号を出力する第4のステップと、

所定の時間遅延させられた前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第2段階のフェージング歪を検出する第5のステップと、

前記複数の区間のユニークワードに隣接するデータの一部および前記複数の区間のユニークワードから隔てられたデータの一部と前記2値信号を比較し、前記ユニークワードに隣接するデータの一部および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部のフェージング歪を検出する第6のステップと、

前記複数の区間のユニークワードの前記第2段階のフェージング歪と、前記ユニークワードに隣接するデータの一部および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部のフェージング歪に基づいて第2段階のスプライン補間曲線を演算し、該第2段階のスプライン補間曲線から所定の時間遅延させられた前記受信信号中のデータの第2段階の第1のフェージング歪を推定する第7のステップと、

前記複数の区間のユニークワードの前記第2段階のフェージング歪と、前記ユニークワードに隣接するデータの一部および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部のフェージング歪をウィナーフィルタに入力して所定の時間遅延させられた前記受信信号中のデータの第2段階の第2のフェージング歪を推定する第8のステップと、

前記データの前記第2段階の第1および第2のフェージング歪に基づいて所定の時間遅延させられた前記受信信号中の前記データを復調する第9のステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項13】 前記第1より第9のステップは、バースト信号単位でメモリに記憶された前記受信信号に基づいてそれぞれのステップを実行することを特徴とする請求項第12項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項14】 前記第1より第4のステップは、バースト信号単位でメモリに記憶された前記受信信号に基づいてそれぞれのステップを実行することを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項15】 受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を第1のフェージング歪として検出する第1のステップと、

前記第1のフェージング歪に基づいて第1のMAPアルゴリズムを演算する第2のステップと、

前記第1のMAPアルゴリズムの演算結果から前記受信信号中のデータのフェージング歪を第2のフェージング歪として推定する第3のステップと、

前記第2のフェージング歪に基づいてデータを復調する第4のステップと、

前記復調されたデータを仮硬判定して仮硬判定値を出力する第5のステップと、

所定の時間遅延させられた前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を第3のフェージング歪として検出する第6のステップと、所定の時間遅延させられた前記受信信号中のデータと前記仮硬判定値と比較してデータのフェージング歪を第4のフェージング歪として検出する第7のステップと、

前記第3および第4のフェージング歪に基づいて第2のMAPアルゴリズムを演算する第8のステップと、

前記第2のMAPアルゴリズムから前記受信信号中のデータのフェージング歪を第5のフェージング歪として推定する第9のステップと、

前記第5のフェージング歪に基づいて所定の時間遅延させられた前記受信信号中の前記データを復調する第10のステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項16】 前記第1より第10のステップは、バースト信号単位でメモリに記憶された前記受信信号に基づいてそれぞれのステップを実行することを特徴とする請求項第15項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項17】 受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、

前記ユニークワードのフェージング歪に基づいて前記データの第1のフェージング歪を推定する第1のステップと、

前記データの第1のフェージング歪に基づいて前記データを復調する第2のステップと、

前記ユニークワードのフェージング歪と、前記データの復調結果に基づいて得られる前記データのフェージング歪とから拡張ユニークワードのフェージング歪を検出する第3のステップと、

前記拡張ユニークワードのフェージング歪に基づいて前記データの第2のフェージング歪を推定する第4のステップと、

前記データの第2のフェージング歪に基づいて前記データを復調する第5のステップと、

前記データの第1あるいは第2のフェージング歪のレベ

ルに応じて前記第3より第5のステップの実行を中断し、前記第2のステップの前記データの復調結果を出力する第6のステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項18】 前記第1より第6のステップは、バースト信号単位でメモリに記憶された前記受信信号に基づいてそれぞれのステップを実行する請求項第17項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項19】 受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、前記ユニークワードのフェージング歪を第1のフェージング歪として検出する第1の検出手段と、前記第1のフェージング歪に基づいて前記データの一部のフェージング歪を推定する第1の推定手段と、前記データの一部のフェージング歪に基づいて前記データの一部を復調する第1の復調手段と、前記データの一部の復調結果に基づいて前記データの一部に設定された拡張ユニークワードのフェージング歪を第2のフェージング歪として検出する第2の検出手段と、前記第1および第2のフェージング歪に基づいて前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定する第2の推定手段と、前記データのフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調する復調手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項20】 前記第2の検出手段は、前記第2のフェージング歪を前記ユニークワードに隣接するデータのフェージング歪および前記ユニークワードから隔てられたデータのフェージング歪に基づいて検出する構成であることを特徴とする請求項第19項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項21】 前記第1の検出手段は、前記受信信号として受信された所定のシンボル数のバースト信号に挿入された前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記第1のフェージング歪を検出し、前記第2の検出手段は、前記バースト信号中の前記データの一部と前記第1の復調手段で復調された復調信号の仮硬判定値を比較して前記第2のフェージング歪を検出する構成であることを特徴とする請求項第19項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項22】 前記第1の検出手段は、前記所定のシンボル数のバースト信号としてBPSK (Binary Phase Shift Keying) またはQPSK (Quadrature Phase Shift Keying) で位相変調され、TDMA (Time Division Multiple Access)方式またはCDMA (Code Division

Multiple Access)方式で受信されたバースト信号に挿入された前記複数の区間のユニークワードと前記既知のユニークワードを比較して前記第1のフェージング歪を検出し、

前記第2の検出手段は、前記バースト信号中の前記データの一部と前記第1の復調手段で復調された復調信号の仮硬判定値を比較して前記第2のフェージング歪を検出する構成であることを特徴とする請求項第19項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項23】 前記受信信号をバースト単位で記憶して前記受信信号を前記第1および第2の検出手段、前記第1および第2の推定手段、および前記第1および第2の復調手段へ出力する記憶手段を、更に含むことを特徴とする請求項第19項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項24】 前記受信信号をバースト単位で記憶して前記受信信号を前記検出手段、前記演算手段および前記復調手段へ出力する記憶手段を、更に含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項25】 受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を第1のフェージング歪として検出する第1の検出手段と、

前記第1のフェージング歪に基づいて第1のMAPアルゴリズムを演算する第1の演算手段と、前記第1のMAPアルゴリズムの演算結果から前記受信信号中のデータのフェージング歪を第2のフェージング歪として推定する第1の推定手段と、前記第2のフェージング歪に基づいて所定の時間遅延させられたデータを復調する第1の復調手段と、復調されたデータを仮硬判定して仮硬判定値を出力する判定手段と、

所定の時間遅延させられた前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を第3のフェージング歪として検出し、所定の時間遅延させられた前記受信信号のデータと前記仮硬判定値と比較してデータのフェージング歪を第4のフェージング歪として検出する第2の検出手段と、

前記第3および第4のフェージング歪に基づいて第2のMAPアルゴリズムを演算する第2の演算手段と、前記第2のMAPアルゴリズムの演算結果から前記受信信号中のデータのフェージング歪を第5のフェージング歪として推定する第2の推定手段と、前記第5のフェージング歪に基づいて所定の時間遅延さ

せられた前記受信信号中の前記データを復調する第2の復調手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項26】 前記受信信号をバースト単位で記憶して前記受信信号を前記第1および第2の検出手段、前記第1および第2の演算手段および前記第1および第2の復調手段へ出力する記憶手段を、更に含むことを特徴とする請求項第25項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項27】 受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第1段階のフェージング歪を検出する第1の検出手段と、

前記複数の区間のユニークワードの前記第1段階のフェージング歪に基づいて第1段階のスプライン補間曲線を演算し、前記第1段階のスプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第1段階のフェージング歪を推定する第1のスプライン補間推定手段と、

前記受信信号中のデータの前記第1段階のフェージング歪に基づいて前記受信信号を復調して復調信号を出力する第1の復調手段と、

前記復調信号と所定のしきい値を比較して2値信号を出力する判定手段と、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第2段階のフェージング歪を検出し、前記複数の区間のユニークワードに隣接するデータの一部および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部と前記2値信号を比較して前記ユニークワードに隣接するデータの一部および前記ユニークワードから隔てられたデータの一部のフェージング歪を検出する第2の検出手段と、

前記第2の検出手段の出力に基づいて第2段階のスプライン補間曲線を演算し、前記第2段階のスプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第2段階の第1のフェージング歪を推定する第2のスプライン補間推定手段と、

前記第2の検出手段の出力を入力して前記受信信号中のデータの第2段階の第2のフェージング歪を推定するウィナーフィルタ手段と、

前記データの前記第2段階の第1および第2のフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調する第2の復調手段を含むことを特徴とするパイロット信

号を含む受信信号の復調装置。

【請求項28】 前記第2のスプライン補間推定手段は、前記第2段階の第1のフェージング歪として前記バースト信号の両端部のデータのフェージング歪を推定するスプライン補間係数計算器を含み、

前記ウィナーフィルタ手段は、前記第2段階の第2のフェージング歪として前記バースト信号の前記両端部を除いた中央部のデータのフェージング歪を推定するウィナーフィルタを含むことを特徴とする請求項第18項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項29】 前記受信信号をバースト単位で記憶して前記受信信号を前記第1および第2の検出手段、および前記第1および第2の復調手段へ出力する記憶手段を、更に含むことを特徴とする請求項第27項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項30】 受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む復調装置において、

前記ユニークワードのフェージング歪に基づいて前記データの第1のフェージング歪を推定する第1の推定手段と、

前記データの第1のフェージング歪に基づいて前記データの第1の復調信号を出力する第1の復調手段と、

前記データの復調信号の仮硬判定値に基づいて推定された前記データの第2のフェージング歪と、前記ユニークワードのフェージング歪とから拡張ユニークワードのフェージング歪を検出する検出手段と、

前記拡張ユニークワードのフェージング歪に基づいて前記データの第2のフェージング歪を推定する第2の推定手段と、

前記データの第2のフェージング歪に基づいて前記データの第2の復調信号を出力する第2の復調手段と、

復調信号を後段の回路へ出力する出力回路と、

前記データの第1あるいは第2のフェージング歪のレベルに基づいて前記第1あるいは第2の復調手段を選択的に前記出力回路に接続し、前記第1の復調手段が前記出力回路に接続されたとき、前記検出手段、前記第2の推定手段、および前記第2の復調手段を非動作状態にする制御手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項31】 前記受信信号をバースト単位で記憶して前記受信信号を前記第1および第2の推定手段、および前記第1および第2の復調手段へ出力する記憶手段を、更に含むことを特徴とする請求項第30項記載のパイロット信号を受信信号の復調装置。

## フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H 0 4 L	27/01	H 0 4 L	K
	27/22		Z

F ターム (参考) 5K004 AA05 FA03 FA09 FD05 FG02  
FH01 FH07 FK02  
5K014 AA01 EA01  
5K022 DD01 DD18 DD33  
5K028 AA15 BB04 EE05 FF13 HH01  
SS24  
5K046 AA05 EE41 EE56 EF02 EF05

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**